

# 生物炭对垦粳 5 号产量及品质的影响

牛同旭<sup>1</sup> 郑桂萍<sup>1\*</sup> 姜玉伟<sup>1</sup> 赵婷婷<sup>1</sup> 张丽微<sup>1</sup>

仲维君<sup>1</sup> 李猛<sup>1</sup> 陈立强<sup>1</sup> 周健<sup>1</sup> 解保胜<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江 大庆 163319; <sup>2</sup> 黑龙江省农垦科学院水稻研究所, 黑龙江 佳木斯 154007;

第一作者: 1147603226@qq.com; \* 通讯作者: byndzgp@163.com)

**摘 要:**为明确生物炭施用量对垦粳 5 号产量及品质的影响, 设置单因素完全随机试验。结果表明, 生物炭施用量为 7 500 kg/hm<sup>2</sup> 时, 水稻产量最高, 达 13.90 g/丛, 极显著高于对照; 有效穗数为 13.86 穗/丛, 比对照高 16.86%, 差异极显著; 籽粒蛋白质含量最低为 6.5%, 较对照低 2.56%, 食味评分值最高为 87.6 分, 比对照高 1.04%。整精米率各施生物炭处理均高于对照, 其中, 生物炭施用量为 16 500 kg/hm<sup>2</sup> 时最高, 比对照高 7.09%。生物炭施用量为 12 000 kg/hm<sup>2</sup> 时, 垩白度、垩白粒率最低, 分别为 7.30% 和 13.90%, 分别较对照低 28.76% 和 20.11%。本试验条件下, 7 500 kg/hm<sup>2</sup> 是生物炭适宜的施用量。

**关键词:**盐碱地; 水稻; 生物炭; 产量; 品质

**中图分类号:**S511.062 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2018)06-0076-04

水稻是黑龙江省的主要粮食作物<sup>[1]</sup>。我国可用耕地面积有限且耕地质量不高, 优质耕地面积只占全国耕地面积的三分之一<sup>[2-4]</sup>。盐害是农业生产上最主要的非生物逆境之一<sup>[5]</sup>, 黑龙江省约有盐碱地 96.7 万 hm<sup>2</sup>, 且多为苏打盐碱土, 主要分布在松嫩平原。松嫩平原西部是世界三大盐碱地之一, 面积为 257.3 万 hm<sup>2</sup><sup>[6]</sup>。秸秆经无氧高温热解可以得到生物炭, 具有高度的生物化学抗分解性, 与秸秆直接还田相比能够大幅度提升土壤碳库的稳定性<sup>[7]</sup>, 生物炭常被称为是各种自然资源存在的基础。利用具体的碳化技术, 在缺氧条件下, 生物质生产的富碳产品并不完全被烧成灰烬<sup>[8]</sup>。生物质在碳化后, 孔隙度和比表面积增大, 具有很强的吸附能力, 可作为农业、工业等方面的原料。围绕生物炭对作物产量的影响国内外学者开展了大量研究。绝大多数研究表明, 生物炭能改善土壤理化性质, 提高肥料利用率, 增加作物产量, 促进农业的可持续发展<sup>[9-16]</sup>。然而, 有研究发现, 生物炭的增产效果仅在一定的施用量范围之内起作用, 过高或过低均会导致作物产量降低<sup>[17-18]</sup>。但有关盐碱地施用生物炭对水稻产量及品质影响的研究较少。为此, 本试验研究了生物炭对盐碱地水稻产量和品质的影响, 以为盐碱地水稻栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2016 年在黑龙江八一农垦大学盆栽场中进行。供试品种为垦粳 5 号, 主茎 12 片叶。试验用盆规

表 1 供试土壤养分含量状况

处理	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	有机质 (g/kg)	pH 值
CK	100.43	13.76	333.60	24.2	8.66
生物炭 7 500(kg/hm <sup>2</sup> )	115.73	18.34	363.83	26.4	8.65
生物炭 16 500(kg/hm <sup>2</sup> )	122.31	18.32	441.95	26.4	8.58

格: 上口直径 29.0 cm, 下口直径 18.5 cm, 高 28.0 cm。供试土壤为苏打盐碱土, 各养分含量见表 1。

### 1.2 试验设计

试验为单因素完全随机设计, 以常规施用化肥为对照(CK), 以常规施化肥基础上配施不同用量生物炭为处理, 分别施生物炭 3 000 kg/hm<sup>2</sup>(处理 1)、7 500 kg/hm<sup>2</sup>(处理 2)、12 000 kg/hm<sup>2</sup>(处理 3)、16 500 kg/hm<sup>2</sup>(处理 4)。每盆施用量及施用时期见表 2。

于 4 月 9 日浸种, 4 月 16 日催芽, 4 月 18 日播种, 秧田管理按常规生产进行。盆栽, 每个处理 14 盆。每个盆底中央均用 2 mm 的电钻均匀一致打孔一个, 并用滤纸覆盖。每盆装过筛混匀土 13 kg。泡田并模拟水耙地搅浆, 连同生物炭和基肥一同施入, 沉降 2 d 后于 5 月 21 日插秧。插秧方法: 4 丛/盆, 4 苗/丛。生育期间人工除草, 成熟期收获。

收稿日期: 2018-07-06

**基金项目:** 国家科技部项目(2013BAD07B01-04); 黑龙江农垦总局科技局项目(HNK125B-07-08); 黑龙江农垦总局科技局项目(HNK125B-08-21A)

表 2 生物炭及化肥施用时期及施用量

施肥时期	生物炭(g/盆)				重过磷酸钙	七水硫酸锌	硫酸铵	磷酸二铵	硫酸钾	尿素
	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	(g/盆)	(g/盆)	(g/盆)	(g/盆)	(g/盆)	(g/盆)
基肥	19.80	49.50	79.20	108.89	0.43	0.08	1.28	0.91	0.5	
分蘖肥							0.95			
调节肥							0.33			
穗肥							0.28		0.34	0.17

表 3 不同处理对粳梗 5 号产量及产量构成的影响

处理	有效穗数 (穗/丛)	穗粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	理论产量 (g/丛)
CK	11.86 bcB	40.24 aA	84.59 aA	25.27 aA	11.13 bB
1	11.71 bcB	44.71 aA	86.07 aA	24.84 aA	12.29 bAB
2	13.86 aA	43.09 aA	86.58 aA	24.54 aA	13.90 aA
3	12.83 abAB	40.05 aA	84.79 aA	25.16 aA	11.98 bB
4	11.25 cB	41.90 aA	84.81 aA	25.43 aA	11.17 bB

同列数据后不同小、大写字母分别表示处理间在 0.05 和 0.01 水平显著。下同。

表 4 不同处理对粳梗 5 号碾磨品质的影响 (%)

处理	糙米率	精米率	整精米率
CK	79.40 bA	70.60 cB	57.80 dC
1	80.10 abA	71.40 abAB	60.40 abAB
2	79.70 abA	71.00 bcAB	58.40 cdBC
3	80.00 abA	71.80 aA	61.90 aA
4	80.40 aA	70.70 cB	59.60 bcBC

表 5 不同处理对粳梗 5 号外观品质的影响 (%)

处理	垩白度	垩白粒率
CK	9.40 aAB	17.50 aA
1	7.80 bBC	14.80 bAB
2	9.60 aA	17.70 aA
3	7.30 bC	13.90 bB
4	8.00 aABC	15.70 abAB

1.3 测定项目及方法

1.3.1 产量

于成熟期,连续调查 14 盆每丛穗数,每处理按照平均穗数取样 7 丛,进行理论测产。并考查穗长、每丛穗数、每穗粒数、结实率和千粒重,计算出理论产量。

1.3.2 碾磨品质

称取部分样品,质量记为 W0,用 FC-2K 型实验磨谷机(YAMAMOTO,离心式)加工成糙米,质量记为 W1,并按公式计算糙米率(糙米率=W1/W0×100%);用日本公司生产的 VP-32 型实验碾米机加工精米,用浙江台州生产的 CPC96-3 型稻米精白机加工精米。从 W1 中称取一定量的糙米 W2(21 g,3 次重复)精碾,除去糠粉并称质量记为 W3,再拣出整精米粒,称质量记为 W4,并按下列公式计算其精米率和整精米率:精米

率(%)=W3/W2×(W1/W0)×100;整精米率(%)=W4/[W0×(W2/W1)]×100。

1.3.3 外观品质

用日本静冈机械株式会社生产的 ES-1000 便携式品质分析仪测定精米的垩白粒率、垩白度。

1.3.4 营养品质

用瑞典 FOSS 福斯公司的 FOSS1242 近红外分析仪测定籽粒糙米中蛋白质含量及直链淀粉含量。

1.3.5 食味品质

用日本佐竹公司(SATAKE)生产的米饭食味计(STA1A)测定。

1.4 数据处理

用 Excel 2003 软件和 DPS V9.01 数据处理系统进行数据整理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 对粳梗 5 号产量及产量构成的影响

从表 3 可见,有效穗数处理 2 极显著高于 CK。每穗粒数、结实率、千粒重与 CK 差异均不显著,但结实率各处理均高于对照。理论产量处理 2 极显著高于 CK。

2.2 对粳梗 5 号稻米品质的影响

2.2.1 对碾磨品质的影响

从表 4 可见,糙米率、精米率和整精米率各施生物炭处理均高于 CK。糙米率以处理 4 最高,显著高于 CK;精米率以处理 3 最高,极显著高于 CK;整精米率以处理 1 和处理 3 较高,极显著高于 CK。

2.2.2 对外观品质的影响

从表 5 可见,垩白度和垩白粒率除处理 2 外施生物炭处理均低于 CK,处理 1、处理 4 的垩白度显著低于 CK,处理 3 垩白度极显著低于 CK;处理 1 垩白粒率显著低于 CK,处理 3 垩白粒率极显著低于 CK,处理 4 与 CK 差异不显著。

2.2.3 对营养品质的影响

从图 1 可见,处理 2 的稻米蛋白质含量最低,极显著低于 CK 和其他处理;处理 1 低于 CK,但差异不显

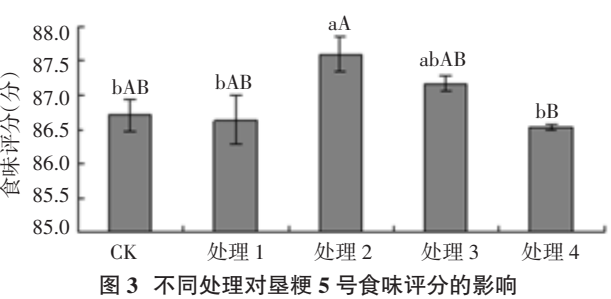
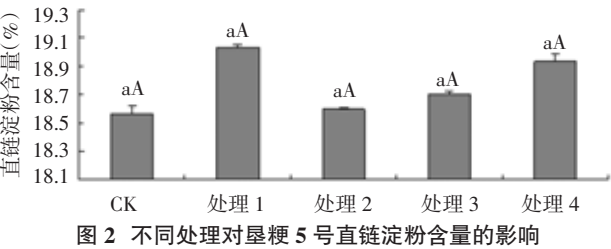
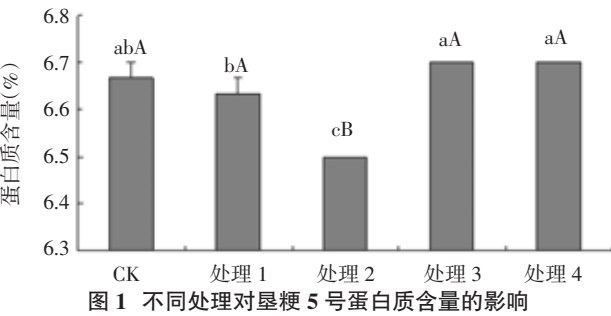


表 6 不同处理产量及产量构成与食味评分的相关性					
相关系数	有效穗数	穗粒数	结实率	千粒重	理论产量
穗数					
穗粒数	-0.01				
结实率	0.56	0.82*			
千粒重	-0.74	-0.63	-0.95**		
理论产量	0.86*	0.51	0.90*	-0.96**	
食味评分	1.00**	-0.03	0.54	-0.71	0.84*

\*、\*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著。

著。从图 2 可见,直链淀粉含量表现为 CK<处理 2<处理 3<处理 4<处理 1,处理 1、处理 2、处理 3 和处理 4 分别比 CK 高 2.51%、0.18%、0.72%、1.97%,但差异均不显著。

2.2.4 对食味评分的影响

从图 3 可见,不同处理粳梗 5 号的食味评分表现为处理 2>处理 3>CK>处理 1>处理 4,平均值分别为 87.6 分、87.2 分、86.7 分、86.6 分和 86.5 分。处理 2 食味评分显著高于 CK 和处理 1,极显著高于处理 4,但与处理 3 差异不显著。

2.3 不同处理产量及产量构成与水稻食味评分的相

关性

从表 6 可见,有效穗数、结实率与产量呈显著正相关,千粒重与结实率、产量呈极显著负相关。理论产量与食味评分值的相关性达到了显著水平,有效穗数与食味评分值的相关性达到了极显著水平。表明基施生物炭主要通过促进有效分蘖而增加有效穗数和提高结实率,从而提高产量和食味评分值。

3 结论与讨论

本试验结果表明,7 500 kg/hm<sup>2</sup> 是生物炭的适宜施用量,水稻产量达 13.90 g/丛,较对照增产 24.89%,差异极显著;其次是 3 000 kg/hm<sup>2</sup> 和 12 000 kg/hm<sup>2</sup>。有效穗数、结实率与产量达显著正相关。可见,基施生物炭主要通过促进有效分蘖而增加有效穗数和提高结实率来提高产量。生物炭处理均提高了稻米的碾磨品质,糙米率、精米率和整精米率的提高幅度分别为 1.26%、1.70%和 7.09%,在生物炭用量为 7 500 kg/hm<sup>2</sup> 时,食味评分显著高于对照。

国内外研究认为,施用生物炭对不同作物生长发育与产量有着积极作用,已被越来越多的研究证实。张伟明等<sup>[17]</sup>研究表明,施用生物炭增加了水稻每丛穗数、每穗粒数和结实率。陈琳等<sup>[19]</sup>研究发现,施用生物炭基复混肥可不同程度提高水稻每穗总粒数、单穗质量、水稻经济产量,并减少氮肥施用量,提高水稻氮素利用效率。本试验结果表明,与常规施肥相比,施用生物炭的处理产量显著提高。从产量构成来看,施用生物炭提高了水稻的有效穗数、穗粒数和结实率。

关于生物炭对作物品质影响的研究已有很多,但对于生物炭对稻米品质影响的研究甚少。陈敏等<sup>[20]</sup>研究认为,生物炭可以提高优质烟叶的品质;张伟明等<sup>[21]</sup>研究认为,玉米芯生物炭对提高大豆品质具有良好的作用。本研究认为,在一定施用量下生物炭可以提高稻米的食味评分值,过低或过高均会使稻米品质下降。但本研究时间只有 1 年,时间太短,因此,有必要针对生物炭对稻米品质的影响做进一步研究。

参考文献

[1] 李禹尧,马冬君,王宁,等. 黑龙江省杂交水稻研究现状与发展对策[J]. 黑龙江农业科学,2014(1):135-137.  
[2] 徐明岗,卢昌艾,李菊梅,等. 农田土壤培肥[M]. 北京:科学出版社,2009.  
[3] 谭科艳,刘晓端,汤奇峰,等. 华北平原土壤环境重金属元素分布规律及其意义[J]. 地球学报,2011,32(6):732-738.

- [4] 李琳凤,李孟刚. 当前影响我国粮食生产的主要因素分析[J]. 中国流通经济, 2012(4): 109-115.
- [5] FAO. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk[R]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London, 2011.
- [6] 徐璐,王志春,赵长巍,等. 东北地区盐碱土及耕作改良研究进展[J]. 中国农学通报, 2011, 27(27): 23-31.
- [7] 侯亚红,工磊,付小花,等. 土壤碳收支对秸秆与秸秆生物炭还田的响应及其机制[J]. 环境科学, 2015, 36(7): 2 655-2 661.
- [8] 陈温福,张伟明,孟军,等. 生物炭应用技术研究[J]. 中国工程科学, 2011(2): 83-89.
- [9] Lehmann J, da Silva J P, Steiner C, et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments[J]. *Plant Soil*, 2003, 249: 343-357.
- [10] Glaser B, Lehmann J, Zech W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review[J]. *Biol Fert Soils*, 2002, 35: 219-230.
- [11] Steiner C, Glaser B, Teixeira W G, et al. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weath-ered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal [J]. *Plant Nutr Soil Sci*, 2008, 171: 893-899.
- [12] Liang B, Lehmann J, Solomon D, et al. Black carbon increases canon exchange capacity in soils [J]. *Soil Sci Soc Am J*, 2006, 70: 1 719 – 1 730.
- [13] Steiner C, Teixeira W G, Lehmann J, et al. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil [J]. *Plant Soil*, 2007, 291: 275-290.
- [14] 张伟明,张庆忠,陈温福. 镉污染土壤中施用秸秆炭对水稻生长发育的影响[J]. 北方水稻, 2009(2): 4-7.
- [15] Lehmann J, Weigh D, Peter I, et al. Nutrient interactions of alley cropped sorghum bicolor and Acacia saligra in a runoff irrigation system in Northern Kenya [J]. *Plant and Soil*, 1999, 209 (2): 249-262.
- [16] Glaser B, Haumaier L, Guggenberger G, et al. The ‘Terra Preta’ phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics[J]. *Naturwissenschaften*, 2001, 88(1): 37-41.
- [17] 张伟明,孟军,王嘉宇,等. 生物炭对水稻根系形态与生理特性及产量的影响[J]. 作物学报, 2013(8): 1 445-1 451.
- [18] 范龙,单双吕,张恒栋,等. 生物炭施用对旱稻产量形成的影响[J]. 中国稻米, 2017, 23(4): 107-110.
- [19] 陈琳,乔志刚,李恋卿,等. 施用生物质炭基肥对水稻产量及氮素利用的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(5): 671-675.
- [20] 陈敏,杜相革. 生物炭对土壤特性及烟草产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2015(1): 80-83.
- [21] 张伟明,管学超,黄玉威,等. 玉米芯生物炭对大豆的生物学效应[J]. 农业环境科学学报, 2015(2): 391-400.

## Effects of Biochar on Yield and Quality of Kengeng 5

NIU Tongxu<sup>1</sup>, ZHENG Guiping<sup>1</sup>, JIANG Yuwei<sup>1</sup>, ZHAO Tingting<sup>1</sup>, ZHANG Liwei<sup>1</sup>, ZHONG Weijun<sup>1</sup>, LI Meng<sup>1</sup>, CHEN Liqiang<sup>1</sup>, ZHOU Jian<sup>1</sup>, XIE Baosheng<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Agronomy College of Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China; <sup>2</sup> Rice Research Institute, Heilongjiang Academy of Land Reclamation Sciences, Jiamusi, Heilongjiang 154007, China; 1st author: 1147603226@qq.com; \*Corresponding author: byndzgp@163.com)

**Abstract:** In order to explore the effects of biological carbon on yield and quality of Kengeng 5, a single factor complete random test was designed. The results showed that when the amount of biological carbon was 7 500 kg/hm<sup>2</sup>, the yield of rice was the highest, up to 13.90 g per hill, which was significantly higher than the control; the effective panicles were 13.86 per hill, which were significantly higher than that of the control; the protein content was the lowest, which was 2.56% lower than the control, and the taste score was the highest, which was 1.04% higher than the control. The head rice rate of all treatments was higher than that of the control, and when the amount of biological carbon was 16 500 kg/hm<sup>2</sup>, the head rice rate was the highest, which was 7.09% higher than the control. When the amount of biological carbon was 12 000 kg/hm<sup>2</sup>, the chalkiness degree and chalky rice rate were the lowest with 7.30% and 13.90%, respectively, which were 28.76% and 20.11% lower than the control. The yield, effective panicles, grain number per panicle, seed setting rate, head rice rate and taste score of rice were increased when the application of biological carbon was 7 500 kg/hm<sup>2</sup>.

**Key words:** saline alkali soil; rice; biochar; yield; quality